

# 和歌山県の宝篋印塔の系譜を 近畿・中国地域に探る

—パーツ寸法差を距離としたクラスター分析法・MT法の導入検討—

寺本 東吾

## 1. はじめに

仏塔の一種で墓塔や供養塔などに用いられる宝篋印塔は、和歌山県では鎌倉時代から造立されるが、数基と少なく、元亨2年(1322)の那智山青岸渡寺塔や鎌倉末期と推定される藤白峠塔のように、総高さが4m前後の大型のものや、永仁6年(1298)の高野山御所芝塔のように総高1m程度のものがあったりと、大きさも様々である。さらに、青岸渡寺塔では基礎には格座間を設け、基礎の上には別石で反花座を配置、笠の隅飾りは3弧にするなど、装飾がかなり施されている。一方藤白峠塔では、基礎は無地で基礎の上部も段にするなど比較的簡素であるが、石材は緑色片岩と砂岩を交互に積み上げるなどこだわりを見せる。このように鎌倉時代の宝篋印塔は形状・意匠や材料もそれぞれ大きく異なり共通の部分がほとんど見られない。

ところが南北朝期以降になると、康永2年(1343年)の雲雀山塔からは、貞和2年(1346年)の総高3.2mの野田宝篋印塔を除き、最大でも2m余りと小型になり、サイズは異なっても、基礎を無地、基礎上は2段とした比較的簡素なもので、ほぼ同一の形状・意匠・材料のものが、大量生産の工業製品のように各地に造立されるようになる。この傾向は室町時代中頃まで続くようである。

寺本(2018)では、南北朝時代から室町時代初期にかけての紀年銘のある県下の宝篋印塔21基を対象に実地調査・計測を行った。分析に際しては、笠、塔身、基礎の3部品のみに着目して、個々の部品寸法(高さ・幅)の塔の高さ(3部品を積み上げた高さ)に対する比率を求め、1つの塔に対して計6個のデータで分析を行った。中でも、笠幅比と基礎幅比を横軸・縦軸にとった場

合(寺本 2018：図-7)に特徴的な分布が見られた。大半のものは標準グループと名付けた領域に集まるが、最初期の2塔(雲雀山、野田)は、笠幅比・基礎幅比共に0.5付近と大きく、永仁元年(1293)奈良県円福寺北塔に近いことが判明した。この2塔は鎌倉時代の奈良とのつながりを持つ一方、南北朝以降の和歌山の塔とのつながりも見られることで大変興味深い。

本稿では、この結果を受けて、円福寺北塔と特徴の良く似た宝篋印塔群を数多く調査計測することで、奈良県から始まり、和歌山県に至る宝篋印塔の系譜をたどる試みを行なった。本稿では詳細に分析するために、クラスター分析法やMT(マハラノビス・タグチ)法を導入を試みた。こうした手法は従来から様々な分野で使用され、考古学においても渡部ほか(2004)の例のように、クラスター分析による縄文時代の遺跡の分類に活用した例などが見られる。本稿のような宝篋印塔の分類手法は、筆者の知る限り見当たらず、新規な解析法の導入事例ともなっていると考えている。

## 2. 宝篋印塔の分類法と本稿の分析方法

### 2.1 和歌山県における宝篋印塔

本稿で対象とする和歌山県の宝篋印塔は、紀年銘を有するもので南北朝時代から室町時代初期(1343年から1420年)の期間の22基と鎌倉時代の1基・正和4年(1315年)<sup>1)</sup>箸折峠塔を含める。

寺本(2018)以降の文献調査からあらたに1基、明德5年(1394)北山村見福寺1塔<sup>2)</sup>を追加して22基となった。箸折峠塔は、紀年銘は鎌倉期でありながら、寺本(2018)では重回帰分析より得られた造立年推定式で、計測データから推定したところ1399年となった。これは応永6年(1399)滝尻王子塔と同時期である。箸折峠塔の紀年銘の信ぴょう性に関しては本稿でも引き続き分析を行った。図1には筆者が選んだ代表的な2例(筏立遺跡塔、施無畏寺塔)の実測図を示す。各部の比率が分かりやすくなるように、基礎下部から笠上部までの高さが同一になるように縮尺を合わせた。

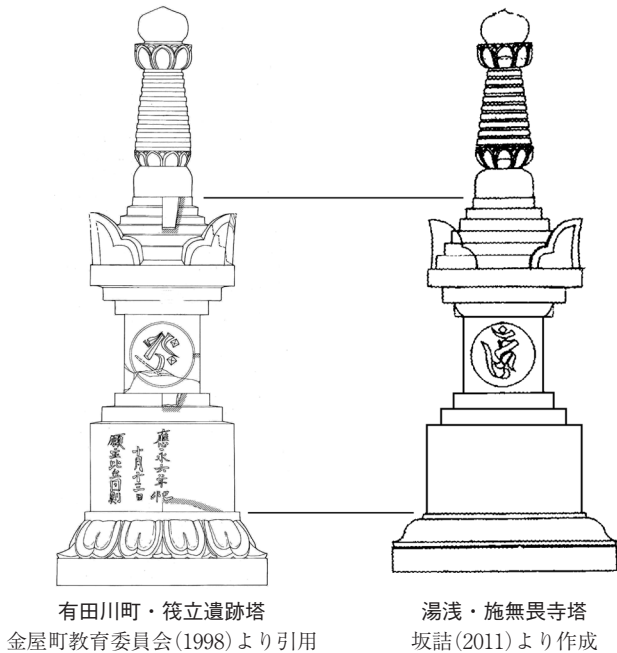


図1 寺本Ⅰタイプ宝篋印塔代表例

## 2.2 和歌山県外の鎌倉期の宝篋印塔

奈良県には、国内最古級の紀年銘を有する正元元年(1259)興山往生院塔や円福寺北塔など、和歌山県の雲雀山塔や野田塔と同じように、基礎の側面を素面(無地)とする塔が多くみられる。

岡本(2012)は、関西形式の宝篋印塔をⅠからⅤまでの6類に細分化したが、前述の基礎の側面を素面とする塔をⅠ類に分類した。さらに「…塔身には月輪内に種子を薬研彫りするか四方仏の像容を刻む。塔身には輪郭を廻らすものもある」とする。分布域については奈良県を中心に分布しており、京都府南部、滋賀県南部、大阪府下、和歌山県北部にも確認できる。さらに岡山県下の赤磐市熊山塔、倉敷市堂応寺塔もⅠ類に分類されたとする。和歌山県北部のⅠ類としては野田塔がリストに含まれる。今回、岡本の分類によるⅠ類

の中で、鎌倉期に近畿から中国地方にかけて造立され、紀年銘を有する塔を対象に調査を行った。図2はその中から、4基の実測図を示す。こちらも図1と同様に高さが揃うように縮尺を合わせた。

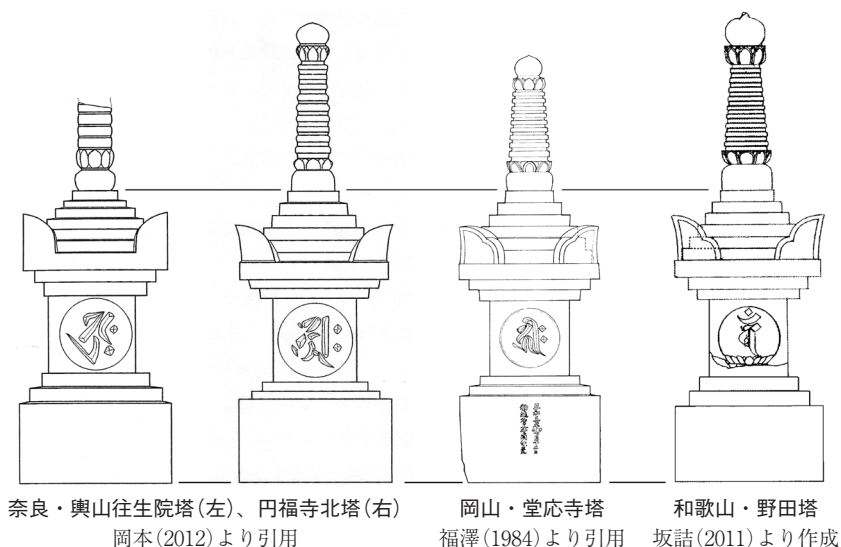


図2 岡本Ⅰ類宝篋印塔の代表例

## 2.3 宝篋印塔のリスト

本稿で対象となる35基のリストを表1に示す。全て紀年銘を有するもので、古い順にナンバリングした。以後、図や表中では数字のみ、文中では「宝1」または「宝1(興山往生院)」のように表記する。岡本(2012: 31)の第1表のⅠ類リストから紀年銘を有する和歌山県外の12基(宝1～11、宝13)と県内からは宝16(野田)を抽出して、岡本分類の項目にⅠ類と記載した。

但し、宝2は構造が大きく異なるため<sup>3)</sup>、また、宝3は日本石造物辞典編集委員会(2012)等によれば塔身が別物と推定されているため、この2基は以降の検討からは除外した。宝9は笠上5段(他は全て6段)であることを除けば大きな差異は認められないため検討に含めた。宝14(清慶寺: 兵庫県加西

市)はⅠ類リストには含まれていないが、筆者の判断で追加した。和歌山県のものは、寺本(2018)で表2に掲載した紀年銘を有する21基に、今回新たに確認した宝28を加えた22基を表2に載せた。図3は表1のリストの全ての塔の分布図を、図4は和歌山県の分布図を示す。表1に掲載した宝篋印塔の写真または実測図を本文末に掲載した。ただし、寺本(2017、2018)ですでに掲載したものは省略した。

表1 宝篋印塔群リスト

No.	岡本分類	寺本分類	名称	住所	造立時期 (西暦)
1	Ⅰ類		興山往生院	奈良県生駒市有里町	正元元年(1259)
<del>2</del>	Ⅰ類		観音院	奈良県高取町土小島	弘長3年(1263)
<del>3</del>	Ⅰ類		葉師寺	奈良県古野町山口	建治4年(1278)
4	Ⅰ類		湯船	京都府和束町五ノ瀬	弘安10年(1287)
5	Ⅰ類		熊山	岡山県赤磐市奥吉原	正応5年(1292)
6	Ⅰ類		円福寺北塔	奈良県生駒市有里町	永仁元年(1293)
7	Ⅰ類		興徳寺	大阪府能勢町野間大原	永仁4年(1296)
8	Ⅰ類		波多神社	奈良県明日香村冬野	永仁6年(1298)
9	Ⅰ類		金胎寺	京都府和束町原山	正安2年(1300)
10	Ⅰ類		金龍院	滋賀県甲賀市龍法師	嘉元3年(1305)
11	Ⅰ類		堂応寺	岡山県倉敷市真備町	正和3年(1314)
12		Ⅰa	箸折峠	和歌山県田辺市中辺路町近露	正和4年(1315)
13	Ⅰ類		不動院	奈良県山添村春日	文保元年(1317)
14			清慶寺	兵庫県加西市中野町	嘉暦2年(1327)
15		Ⅰa	雲雀山	和歌山県有田市糸我町中番	康永2年(1343)
16	Ⅰ類	Ⅰd	野田	和歌山県有田川町野田	貞和2年(1346)
17		Ⅰa	施無畏寺(大)	和歌山県湯浅町栖原	観応2年(1351)
18		Ⅰc	西行妻娘a	和歌山県かつらぎ町上天野	応安5年(1372)
19		Ⅰc	西行妻娘b	和歌山県かつらぎ町上天野	応安5年(1372)
20		Ⅰa	奥(おき)	和歌山県有田川町奥	文中2年(1373)
21		Ⅰa	称名寺	和歌山県有田市辻堂	永和2年(1376)
22		Ⅰc	小峯寺	和歌山県橋本市小峯台	天授5年(1379)
23		Ⅰa	施無畏寺(小)	和歌山県湯浅町栖原	永徳元年(1381)

24		I d	成福寺	和歌山市松原	至徳 2 年 (1385)
25		I a	善国寺	和歌山県有田市宮原町道	至徳 3 年 (1386)
26		II	地藏寺	和歌山県紀の川市岸小野	康応元年 (1389)
27		III	板尾阿弥陀堂	和歌山県有田川町板尾	明徳 3 年 (1392)
28		II	見福寺 1	和歌山県東牟婁郡北山村下尾井	明徳 5 年 (1394)
29		III	専福寺	和歌山県由良町江ノ駒	応永 3 年 (1396)
30		I a	筏立遺跡	和歌山県有田川町大字歓喜寺	応永 6 年 (1399)
31		I a	滝尻王子	和歌山県田辺市中辺路町栗栖川	応永 6 年 (1399)
32		II	楠本	和歌山県有田川町楠本	応永 8 年 (1401)
33		I a	高津尾中木	和歌山県日高川町高津尾中木	応永22年 (1415)
34		II	上天野大念仏	和歌山県かつらぎ町上天野	応永23年 (1416)
35		I a	高津尾広瀬	和歌山県日高川町高津尾広瀬	応永27年 (1420)

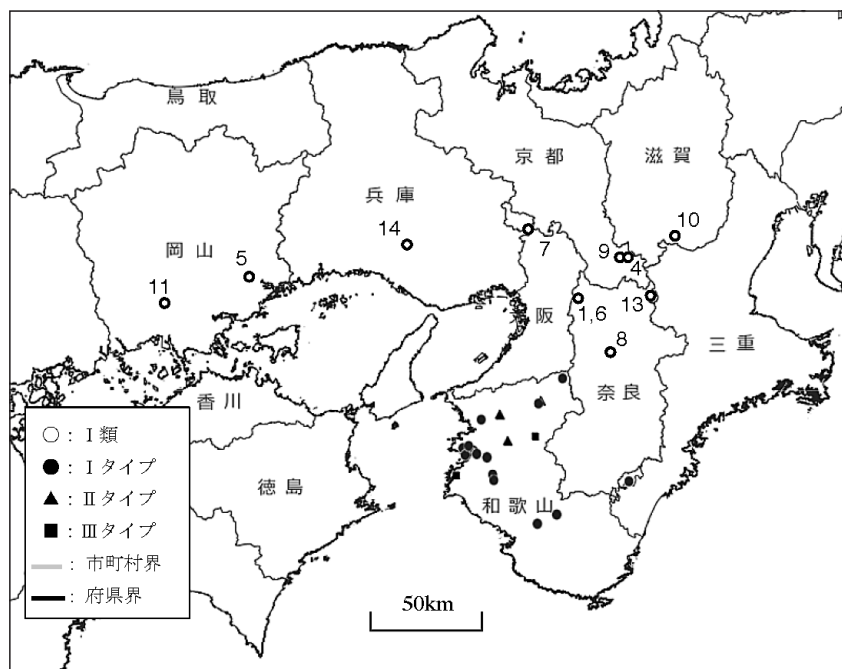


図3 西日本地域の岡山 I 類及び和歌山県の寺本 I、II、III タイプ宝篋印塔分布図  
(国土地理院白地図を利用して作成)

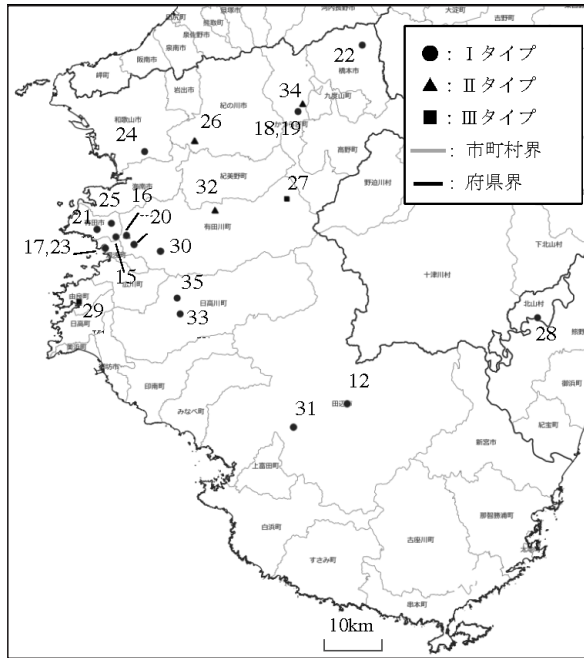


図 4 和歌山県の宝篋印塔分布図

国土地理院白地図を利用して、寺本(2018)を基に作成

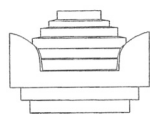
## 2.4 宝篋印塔の分類

岡本の分類によるⅠ類と寺本によるⅠタイプは以後、岡本Ⅰ類、寺本Ⅰタイプと表記する。表2には形式分類表を示す。岡本はⅠ類をさらに細分化することはしていないが、本稿ではクラスター(グループ)と構成部品の形式との関連性を把握するために細分化を行った。笠の分類(図5)、塔身の分類(図6)、基礎の分類(図7)を以下に図で示す。岡本Ⅰ類は笠の形式にバリエーションが見られるが、いずれも図5の隅飾り比を65%以下の低いものと定義している。寺本Ⅰタイプでは、笠に関しては宝22を除きA0で、岡本Ⅰ類のYと同様に隅飾りは2弧で輪郭を巻くが、隅飾り比は表3に示すように65%以上を含む。なお、和歌山県のは、南北朝初期にはⅠタイプのみであるが、後期から室町初期にかけて基礎に格座間を有するⅡタイプ、基礎に仏像を半肉

彫りするⅢタイプも現れてくる。同一の石工集団によるⅠタイプの派生と考えるべきか、別の石工による創作かは、本稿の分析の中で明らかにしたい。

表2 宝篋印塔の形式分類表(Cはその他の形式を示す)

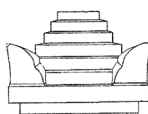
宝篋印塔部				図中 記号	対応宝篋印塔 No. (表1 参照)
分 類	笠	塔 身	基礎		
岡本(2012)によるⅠ類を寺本が細分化					
岡本 Ⅰ類	K	A0	A0	○	1
	E				6
	H				8
	Y	A0、B0(14)、C(13)			4、10、11、13、14
		K0(5)、K1(7)			5、7
	C	A0	A0		9
和歌山県の宝篋印塔の分類 寺本(2017)の表1をもとに作成					
寺本 Ⅰ	Ia	A0	A0	●	12、15、17、20、21、23、25、 30、31、33、35
	Ic				18、19
	H	B0			22
	Id	C			16、24
Ⅱ		A0	A12	▲	26、28、32、34
Ⅲ			A3	■	27、29



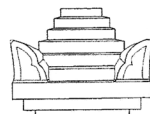
K：奥山往生院塔  
1弧輪郭無し  
(のべ作り馬耳型)



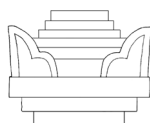
E：円福寺塔  
1弧で輪郭無し



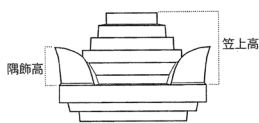
H：波多神社塔  
2弧で輪郭なし  
(山川 2008より引用作成)



Y：湯船塔  
2弧で輪郭を巻く  
(山川 2008より引用作成)



A0：Ⅰタイプの基本形  
2弧で輪郭を巻く  
隅飾比>65%を含む  
(図1 筏立遺跡塔より作成)



隅飾高 ÷ 笠上高 = 隅飾比 (%)  
隅飾比の定義  
K、E、H、Yは65%以下

C：金胎寺塔  
笠上が5段

図5 笠の分類  
表記のないものは  
岡本(2012)より引用



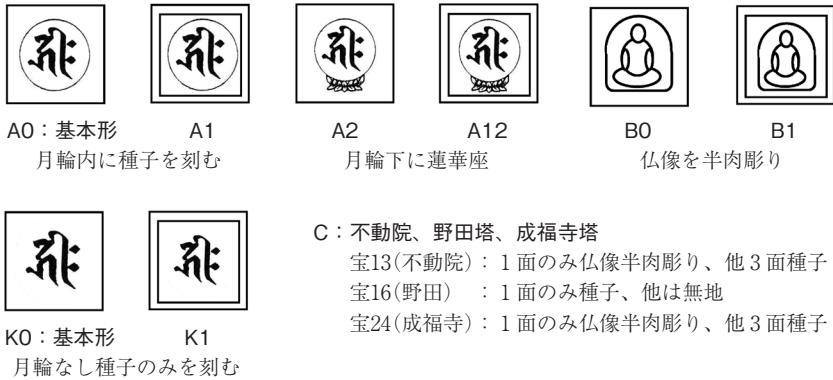


図6 塔身の分類  
川辺(1971)第1図より引用作成



図7 基礎の分類  
川辺(1971)第1図より引用作成

## 2.5 計測方法

表1の塔は宝2(観音院)を除いて、相輪、笠、塔身、基礎の4つのブロックから構成されている。従って宝篋印塔の計測はそれぞれのブロックの計測となる。しかし、相輪が欠損するなどして全高さの計測が不可能な場合が大半である。本稿では寺本(2017)で提案した手法に従う。

笠、塔身、基礎の比較的良く保存されている3部品に着目して、この3つを併せた高さを3H高さと称し、全高さの代替値として採用する。また、パーツの幅寸法の3H高さに対する比率は、笠幅比( $KW/3H$ )、基礎幅比( $BW/3H$ )のように定義する(図8)。計測結果を表3に示す。計測データが文献等で公開されており、引用または参考にしたものは備考欄に示す。宝1(興山往生院)塔に関しては、全ての基準値とするため文献の計測値との大きな差異がないことを確認の上、筆者の計測値を採用した。なお、石造の宝篋印塔は一般

に屋外に設置されるため、風化に伴ういびつな摩耗、材質の違い、設置環境による摩耗量の違いなども当然予想される。それらが誤差となって詳細な分析結果に与える影響については本稿では議論しないが、今後の検討課題であるとする。

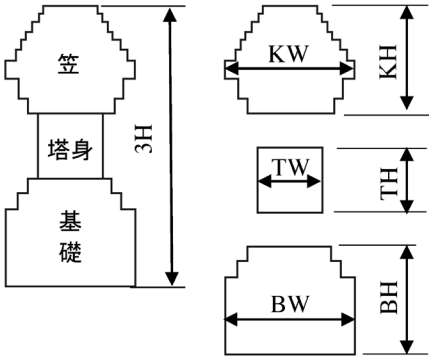


図 8 各パーツの寸法定義  
寺本(2017)より引用

表 3 宝篋印塔計測値(mm)

No.	3H	KW	TW	BW	KH	BH	隅飾比 %	備考欄(引用文献・参考文献) ○は寺本の計測値を採用
1	1600	760	423	805	605	585	65以下	○：奈良県史編纂委員会 1984(参考)
4	1363	635	370	645	518	465		○
5	723	307	182	355	254	288		○
6	1539	760	435	775	570	542		奈良県教育委員会事務局 文化財保護課編 1969(引用)
7	1105	493	294	517	380	450		能勢町史編纂委員会 1981(引用)
8	641	302	183	310	240	225		○
9	1480	760	410	740	510	560		上田 2015(引用)
10	1501	714	383	739	586	530		○
11	2294	1094	611	1093	864	835		○：福澤 1984(参考)
12	920	400	220	400	330	370	未計測	○
13	931	415	241	423	340	353	65以下	○
14	959	457	265	483	347	339	58.7	○
15	1195	597	308	598	469	409	62.3	○
16	2015	990	530	1000	775	715	62.5	○

17	1255	600	315	610	460	490	69.0	○
18	911	404	227	431	332	350	56.3	○
19	863	399	222	430	311	330	51.2	○
20	1105	525	298	530	415	405	72.2	○
21	875	410	220	410	330	330	65.9	○
22	1067	482	287	500	390	390	56.4	○
23	823	373	200	379	318	310	未計測	○
24	1145	540	273	543	435	438		○
25	736	332	178	335	278	281		○
26	1100	442	275	465	410	400		○
27	642	292	154	299	242	246		○
28	825	355	206	372	320	300		伊藤(2010)(引用)
29	631	283	145	285	250	236		○
30	769	343	180	345	291	291		○
31	845	360	200	370	320	330		○
32	581	261	143	268	220	218		○
33	668	299	160	298	258	250		○
34	700	312	161	327	267	272		○
35	778	345	193	345	272	313		○

## 2.6 分析方法の概要

複数の宝篋印塔を比較するのに、大きさ(高さ)、各パーツに施されている装飾(意匠)、材質、構成など、外観の共通性が高いものは、互いに製作時期が近く、製作技術も近いものと推定される。最近の研究では、外観が異なっても各構成パーツの全体に占める比率が近い場合には、同様のことが考えられると指摘する研究者もいる(山川 2006: 22-23)。本稿でも寺本(2018)と同様、図8に示す各パーツの構成比率に着目をして分析を進めた。個体間の近さの評価手法としてはユークリッド距離を採用した。さらに類似する塔の集団を集めてグルーピングを行う際には、クラスター分析法を使った。デンドログラム(樹形図)の作成に際しては、ユークリッド距離とMT(マハラノビス・タグチ)法の併用により、最適なクラスター数を決定した。詳細は3. 分析結果の中で順を追って説明をする。

### 3. 分析結果

#### 3.1 個体間の類似度評価

本稿では、近畿地方で最古の紀年銘を有する鎌倉期に造立された奈良の宝1(興山往生院)から和歌山の南北朝初期の宝15(雲雀山)を経て室町初期の宝35に至る33基の塔が、どのような関係にあるのかを調べるためにクラスター分析を行う。まずは個体間の類似度の評価を行う。最初に宝1と個々の塔がどの程度似通っているかを把握するために、ユークリッド距離で評価をする。

以下具体的な計算手法を示す。2基の宝篋印塔の形状の近さを比較する尺度として相似比率の差を取り上げる。基準となる方にはbを、比較する方にはnのサフィックスを付与する。

評価項目は、以下の6項目が想定される。

$$(\Delta e)_{KW} = (KW/3H)_n - (KW/3H)_b \quad \text{式3.1}$$

$$(\Delta e)_{TW} = (TW/3H)_n - (TW/3H)_b \quad \text{式3.2}$$

$$(\Delta e)_{BW} = (BW/3H)_n - (BW/3H)_b \quad \text{式3.3}$$

$$(\Delta e)_{KH} = (KH/3H)_n - (KH/3H)_b \quad \text{式3.4}$$

$$(\Delta e)_{TH} = (TH/3H)_n - (TH/3H)_b \quad \text{式3.5}$$

$$(\Delta e)_{BH} = (BH/3H)_n - (BH/3H)_b \quad \text{式3.6}$$

ここで、高さに関しては  $KH/3H + TH/3H + BH/3H = 1$  の条件から、常に  $(\Delta e)_{KH} + (\Delta e)_{TH} + (\Delta e)_{BH} = 0$  が成り立ち自由度は2となるため、ここでは式3.5を除外して5項目とした。2基の形状の近さは5項目の相似比率差の二乗和の平方根を求めてユークリッド距離  $\Delta E$  を定義する。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta e)_{KW}^2 + (\Delta e)_{TW}^2 + (\Delta e)_{BW}^2 + (\Delta e)_{KH}^2 + (\Delta e)_{BH}^2} \quad \text{式3.7}$$

もし、同一の2基であれば  $\Delta E = 0$  となる。計測に伴う誤差は、塔のサイズによらずほぼ  $\Delta e < 0.01$  と想定している。計測値以外にも摩耗等による誤差も考えなくてはならないが、本稿では計測値に基づいて  $\Delta e \leq 0.01$  であればほぼ同一(相似形)であると仮定する。2基の宝篋印塔全体として比較するには、

5項目すべてが $\Delta e=0.01$ の場合を想定すると $\Delta E=0.022$ になるので、式3.8に示すようにこの何倍になるかで評価を行い、相似誤差倍率 $N$ を定義した。

$$N = \Delta E / 0.022 \quad \text{式3.8}$$

図9は縦軸に相似誤差倍率 $N$ 、横軸に造立年(西暦)をとり、宝1(往生院)を基準としたときの33基の分布を示す。

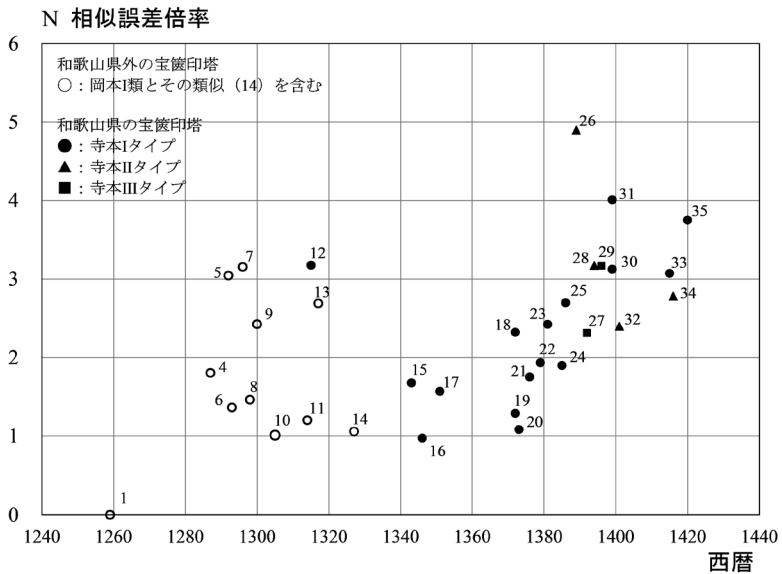


図9 宝1(往生院)を基準としたユークリッド距離

### 3.2 クラスター分析とデンドログラム(樹形図)作成

図9を見ると $N$ が1倍近傍はほぼ同一とみなせるので、一見して宝1から宝10、宝11、宝14を経て和歌山県の宝15に至る個体群が、宝1との関係において類似性が高く、同一のグループのように見える。宝15からは誤差 $N$ が年ごとに大きくなっていくが、これらの和歌山県の個体の分布が一团として直線的にまとまっていることが分かる。このことは、宝1～宝15へ、さらに和

表4 融合クラスターの距離

ステップ	距離		融合 クラスター	
	$\Delta E$	N		
1	0.00622	0.28	11	20
2	0.00939	0.43	23	32
3	0.01081	0.49	30	33
4	0.01141	0.52	23	25
5	0.01325	0.60	23	27
6	0.01572	0.71	21	24
7	0.01768	0.80	12	35
8	0.01826	0.83	15	16
9	0.01891	0.86	29	30
10	0.01996	0.91	6	14
11	0.02186	0.99	4	8
12	0.02225	1.01	13	18
13	0.02272	1.03	1	10
14	0.02312	1.05	23	34
15	0.02321	1.06	17	19
16	0.02722	1.24	13	22
17	0.03173	1.44	28	29
18	0.03262	1.48	4	11
19	0.03286	1.49	1	15
20	0.03578	1.63	12	31
21	0.03733	1.70	21	23
22	0.04083	1.86	5	7
23	0.04664	2.12	1	6
24	0.05148	2.34	13	21
25	0.05800	2.64	1	4
26	0.05899	2.68	13	28
27	0.06233	2.83	9	17
28	0.06397	2.91	12	26
29	0.08000	3.64	1	9
30	0.08158	3.71	5	12
31	0.10287	4.68	5	13
32	0.23588	10.72	1	5

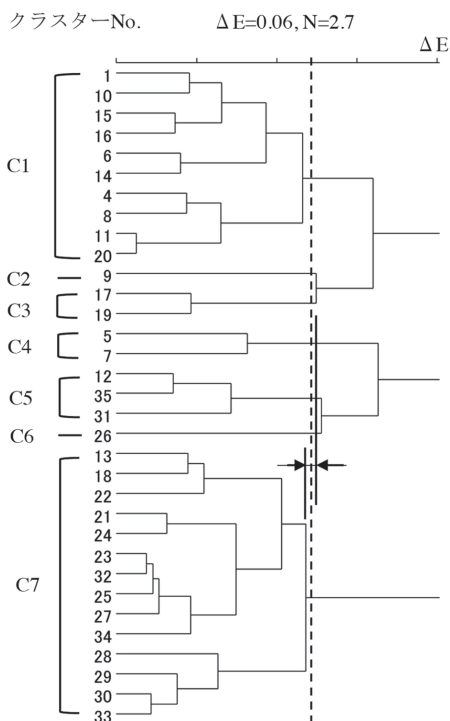


図10 デンドログラムとクラスター作成

歌山県の塔へと繋がっているように感じられる。また、この段階では宝4、宝6、宝8は判断に迷うところである。一方、宝1との関連が明らかに薄いと感じられるのは、宝5、宝7、宝9、宝12、宝13、宝26の6個体であるが、この図は宝1と個々の個体との関係だけを見ているので、宝5と宝7の関係のように、個体同士が近い場所にあっても両者の関係が近いとは必ずしも言えない。

以上のような個体間の関係を明確にするため、第一段階で全ての個体間の組み合わせのユークリッド距離を求める。次に似た者同士の集団(クラスター)を作成し、続いてクラスター間の関係をまとめあげてデンドログラム(樹形図)を完成させる必要がある。その方法は公知なのでここでは省略するが、

筆者は小西(2010)などを参考にした。クラスター間の距離の求め方は、小西によると実用性が高く広く用いられているとされているウォード法を採用した。計算に使用したエクセルVBAは群馬大学の青木繁伸氏がホームページにて公開されていたものを使用した。

図10は完成したデンドログラムであり、表4はクラスター間の距離を短い順に並べたものである。第二段階としては、デンドログラムは最終的には1個のクラスターに統合されるので、図10の破線で示すように適当な箇所で切断する必要がある。この場合は $\Delta E=0.06$ 、 $N=2.7$ で切断を行って、7個のクラスターに分類した。この切断位置決定の根拠は、後述のMT(マハラノビス・タグチ)法によって行った。

### 3.3 クラスター分析の第一段階から推定されること

表4でクラスター第1階層を構成する矢印で示す3個のステップについて以下解説をする。

(宝1と最初のクラスターを構成する宝10との比較を表5-1に、岡本I類と寺本Iタイプのペア2例の比較を表5-3、表5-4に示す)。

#### 3.3.1 宝1(興山往生院)に近い塔を探す

宝1と第1階層のクラスターを組む相手は、地元の宝6ではなく宝10(金龍院)という結果になった。比較表を表5-1に、参考のため宝1と宝6の比較も表5-2に示す。

比較表から相似性誤差の算出方法を説明する(表5-1のBW/3H列の差 $-0.011$ を例に)。宝10の3H高さ1,501mmに $-0.011$ を掛けた $-16.5\text{mm}$ が、宝1を基準としたときの宝10のBW(基礎幅)の完全な相似形からの差異を示す。宝10では最大 $-19.5\text{mm}$ ( $-0.013$ )、宝6では $29.2\text{mm}$ ( $0.019$ )の差となる。第2階層では、宝15(雲雀山)、宝16(野田)のペアと組むことは注目される。

宝6も宝1と第3階層で同一クラスターを構成する程度の相似性を有している。宝1と宝6との関連について、山川(2008)は「本塔(円福寺北塔)を興山往生院塔と比較した場合、隅飾りが軒と区別され、かつ、やや外反する点が特徴である。ただし、全体の形状はかなり似ており、本塔は基本的に興山往生院塔を模して製作されたものと考えられる」と述べている。山川の指摘

を定量的なデータでも示すことができたと考えている。

表5-1 宝1に対する宝10(金龍院)の相似性評価

No.	造立年	3H高さ	KW/3H	TW/3H	BW/3H	KH/3H	BH/3H
1	1259年	1,600mm	0.475	0.264	0.503	0.378	0.366
10	1305年	1,501mm	0.476	0.255	0.492	0.390	0.353
差	46年	-99mm	0.001	-0.009	-0.011	0.012	-0.013
距離		$\Delta E = 0.02272$ (N=1.03)					

表5-2 宝1に対する宝6(円福寺)の相似性評価

No.	造立年	3H高さ	KW/3H	TW/3H	BW/3H	KH/3H	BH/3H
1	1259年	1,600mm	0.475	0.264	0.503	0.378	0.366
6	1293年	1,539mm	0.494	0.283	0.504	0.370	0.352
差	55年	-61mm	0.019	0.019	0.001	-0.008	-0.014
距離		$\Delta E = 0.03049$ (N=1.39)					

### 3.3.2 岡本Ⅰ類と寺本Ⅰタイプのペア(その1)

宝11(堂応寺)と宝20(奥)のペアが注目される。宝20は59年後の造立であり、高さは宝11の約半分にすぎないが、各部の3H高さに対する比率は極めてよく似ている。具体的には、笠幅比では差が0.002なので、宝20に換算すると約2.2mm、基礎幅比でも約4.4mmと計測誤差に含まれてしまう差異であり、ほぼ完全な相似形とみなせる。この類似性により宝20はC1に含まれる。

表5-3 宝11(堂応寺)に対する宝20(奥)の相似性の評価

No.	造立年	3H高さ	KW/3H	TW/3H	BW/3H	KH/3H	BH/3H
11	1314年	2,294mm	0.477	0.266	0.476	0.377	0.364
20	1373年	1,105mm	0.475	0.270	0.480	0.376	0.367
差	59年	-1,189mm	0.002	0.004	-0.004	0.001	-0.003
距離		$\Delta E = 0.00623$ (N=0.28)					



### 3.3.3 岡本Ⅰ類と寺本Ⅰタイプのペア(その2)

宝13(不動院)は岡本Ⅰ類で唯一C7に含まれ、宝18(西行妻娘a)と第1階層を構成する。

造立年に55年の開きがあるが、表5-4に示すように相似の近似度はかなり高い。第2階層では宝22(小峯寺)と同一クラスターとなる。一般に塔身は種子が多いが、宝13は塔身の1面のみ地藏菩薩の半肉彫りとなっており、宝18・宝22は共に塔身に頭教四仏の仏像を半肉彫りにするなど塔身に仏像を刻む点では共通性が見られる。隅飾比も共に65%を下回る。但し、双塔の相手の宝19(西行妻娘b)は宝17とクラスターC3を構成する。

表5-4 宝13(不動院)に対する宝18(西行妻娘a)の相似性評価

No.	造立年	3H高さ	KW/3H	TW/3H	BW/3H	KH/3H	BH/3H
13	1317年	931mm	0.446	0.259	0.454	0.365	0.379
18	1372年	911mm	0.443	0.249	0.473	0.364	0.384
差	55年	-20mm	-0.003	0.01	0.019	-0.001	0.005
距離		$\Delta E = 0.02225$ (N=1.01)					

### 3.4 MT(マハラノビス・タグチ)法による最適クラスター数の決定(第二段階)

MT(マハラノビス・タグチ)法とは、インドの数理統計学者プラサンタ・チャンドラ・マハラノビスにより1936年に考案された統計距離の一種マハラノビス距離<sup>4)</sup>を、品質工学(タグチメソッド)の創始者田口玄一が応用した手法である。まず母集団として単位空間を設定する。次に調べたい対象物を信号空間にとりマハラノビス距離を求める。MT法ではマハラノビス距離の2乗値を項目数 $k$ で割った距離(以下 $D^2$ )を使う。 $D^2$ は自由度 $k$ の $\chi^2$ 分布に従うことが知られている。本稿では項目数5個なので $\chi^2$ の値は、有意水準5%では2.214、1%では3.017で与えられる。これは $D^2$ が2.214以上となる確率が5%、3.017以上となる確率が1%を示す。 $D^2$ の値から信号空間の個体が単位空間と同一か否かを判別する手法である。本稿では鈴木(2012)の提供するMT法エクセルVBAで計算処理を行った。基準とする単位空間には、和歌山県の22基の宝篋印塔を選んだ(厳密には和歌山県の宝篋印塔群も幾つかのクラスターに

分かれ均一ではないが、22基のばらつき範囲を許容範囲と仮定する)。必要サンプル数は項目数の3倍必要とされるので、15個以上あればよい。調べたい信号空間には、表1のリスト宝1から宝14まで宝2、宝3、宝12を除く11基を選び判定を行った。

表6 和歌山県の塔22基を基準としたときの全35基のマハラノビス距離

	No.	KW/3H	TW/3H	BW/3H	KH/3H	BH/3H	D <sup>2</sup>	$\chi^2$
信号空間	1	0.475	0.264	0.503	0.378	0.366	1.66	
	4	0.466	0.271	0.473	0.380	0.341	2.19	
	5	0.425	0.252	0.491	0.351	0.398	<b>6.91</b>	<1%
	6	0.494	0.283	0.504	0.370	0.352	2.18	
	7	0.446	0.266	0.461	0.344	0.407	<b>3.81</b>	<1%
	8	0.471	0.285	0.484	0.374	0.351	<b>3.16</b>	<1%
	9	0.514	0.277	0.500	0.345	0.378	<b>5.94</b>	<1%
	10	0.476	0.255	0.492	0.390	0.353	0.87	
	11	0.477	0.266	0.476	0.377	0.364	1.10	
	13	0.446	0.259	0.454	0.365	0.379	0.63	
	14	0.477	0.276	0.504	0.362	0.353	<b>2.98</b>	<5%
単位空間	12	0.435	0.239	0.435	0.359	0.402	1.14	
	15	0.500	0.258	0.500	0.392	0.342	<b>2.31</b>	<5%
	16	0.491	0.263	0.496	0.385	0.355	0.88	
	17	0.478	0.251	0.486	0.367	0.390	0.79	
	18	0.443	0.249	0.473	0.364	0.384	0.91	
	19	0.462	0.257	0.498	0.360	0.382	1.95	
	20	0.475	0.270	0.480	0.376	0.367	1.64	
	21	0.469	0.251	0.469	0.377	0.377	0.35	
	22	0.452	0.269	0.469	0.366	0.366	1.02	
	23	0.453	0.243	0.461	0.386	0.377	0.47	
	24	0.472	0.238	0.474	0.380	0.383	0.50	
	25	0.451	0.242	0.455	0.378	0.382	0.11	
	26	0.402	0.250	0.423	0.373	0.364	<b>2.46</b>	<5%
	27	0.455	0.240	0.466	0.377	0.383	0.16	

単 位 空 間	28	0.430	0.250	0.451	0.388	0.364	1.14	
	29	0.448	0.230	0.452	0.396	0.374	0.91	
	30	0.446	0.234	0.449	0.378	0.378	0.99	
	31	0.426	0.237	0.438	0.379	0.391	0.93	
	32	0.449	0.246	0.461	0.379	0.375	0.03	
	33	0.448	0.240	0.446	0.386	0.374	0.45	
	34	0.446	0.230	0.467	0.381	0.389	1.14	
	35	0.443	0.248	0.443	0.350	0.402	1.72	

閾値の $\chi^2$ (カイ2乗)の値は、確率で有意水準5%以下は、めったにおこらないことと考える。表6の分析結果によれば、有意水準が5%、1%で優位となる塔が7基認められた。岡本I類の宝5、宝7、宝8、宝9、宝14は有意水準1%となった。和歌山の22基中でも、宝15と宝26の2基が5%となった。従って、図10のクラスターの融合の過程において、宝9、宝26は単独のクラスターとするのが望ましい。一方、宝18から宝33までのC7は有意水準が5%以下のものではなく、単一のクラスターとするのが望ましい。切断線は図9に示す矢印の間に求めることが妥当でありN=2.5を選んだ。宝8と宝15を単独クラスターとすることは無理があり、筆者の判断にてクラスター分析結果を優先した。図11は、上記の結果を踏まえて、図9上にプロットされた各塔をクラスターC1～C7で区分したものである。

### 3.5 クラスター分析結果

図11に示すクラスター分類図と表2の形式分類表を比較しながら結果をまとめる。

クラスターC1は鎌倉期の7基(岡本I類の宝1を含む6基と宝14)から和歌山の南北朝期の宝15(雲雀山)、宝16(野田)、宝20(奥)の3基を含む。I類は笠の隅飾比が65%以下であり、表3に示すように宝14、宝15、宝16もこの要件を満たしているが、宝20は約72%とC1の中で唯一超えている。

クラスターC7には和歌山県の大多数の塔が含まれ、寺本(2018)の図7で標準グループにほぼ一致するが、今回I類の宝13(不動院)が唯一C7に含まれて

N 相似誤差倍率

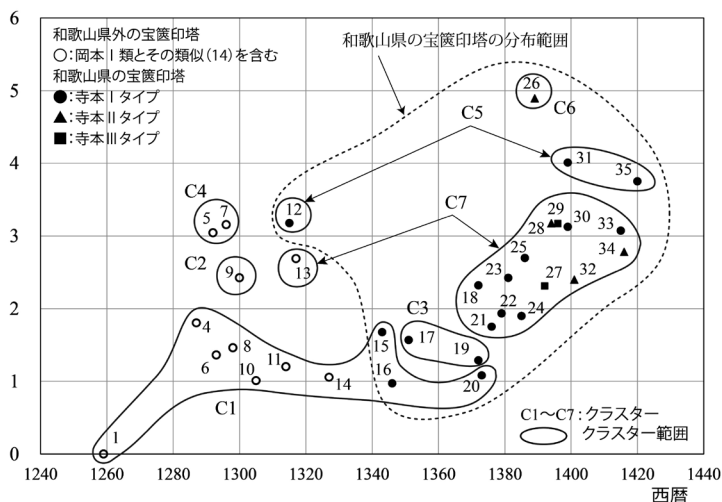


図11 宝1(往生院)を基準としたユークリッド距離とクラスター分類

いる点が注目される。C7には表2に示すⅡタイプでは宝26を除く3基(宝28、32、34)、Ⅲタイプの2基(宝27、29)が含まれているので、これら5基はⅠタイプから派生した(設計思想のつながりがある)ものと考えられる。一方、宝26(地藏寺)は明らかに異なっており単一でクラスターC6を構成するが、そのルーツは不明である。

クラスターC1とC7の間には宝17と宝19の2基からなるクラスターC3が挟み込まれた形で存在する。宝17(施無畏寺大)は宝15に造立時期、3H高さ、設置場所が共に近く、宝1とのユークリッド距離も近い値を示すが、後述の図12、図13に示すように、C1とはパーツの寸法比率がかなり異なる。また隅飾比が約69%と65%を超えていることも宝15との大きな差異である。

西行妻娘の2塔(宝18と宝19)は、寺本(2018)でも見た目の近さとは異なり設計思想は異なると指摘したが、今回も宝19は宝17と共にC3に、宝18は宝13と共にC7にとクラスターが分かれた点は興味深い。既述のように宝18は、塔身に仏像を刻むことでも共通性がある宝13、宝22と共にC7の下層クラスターを構成することは注目される。

宝12(箸折峠)は、寺本(2018)の図7と同様に宝31(滝尻王子)と共通のクラスターC5に分類された。紀年銘は1315年であるが、その頃の岡本1類の塔にはユークリッド距離の近いものが存在せず、本稿の検討結果でも造立年は宝31に近いと考えざるを得ない。

クラスターC2は宝9(金胎寺)のみであるが、唯一笠上部が5段構成のために、全体の構成比率が他と異なり単一クラスターになったと推定される。

クラスターC4の宝5(熊山神社)と宝7(興徳寺)の2基は、表2や巻末の実測図にしめすように塔身に月輪を設けずに種子と銘を刻んでいる点で共通点がある。大和では塔身に銘を刻む例はなく(日本石造物辞典編集委員会2012:大阪府672)、この2基は他のI類の大和系の石工とは異質な集団かもしれない。

### 3.6 項目間の相関とクラスター分布について

#### 3.6.1 項目間の相関係数

鈴木(2012)のMT法エクセルVBAでは、単位空間の項目間の相関行列が求められる(表7)。数値は相関係数Rを示す。5項目の組み合わせなので、10通りある(対角は同一の項目同士になり $R=1$ となり除外。対角の上下は共通なので下側のみを示す)。MT法では、マハラノビス距離の算出にこの全ての組み合わせの相関係数で計算しているわけであるが、10通りの中で、特にクラスターの分布を把握したい組み合わせを2例、相関係数が0.88と高く寺本(2018)でも使ったBW/3H対KW/3H(図12)と基礎の扁平度を調べるBW/3H対BH/3H(図13)を掲載した。

表7 項目間の相関係数

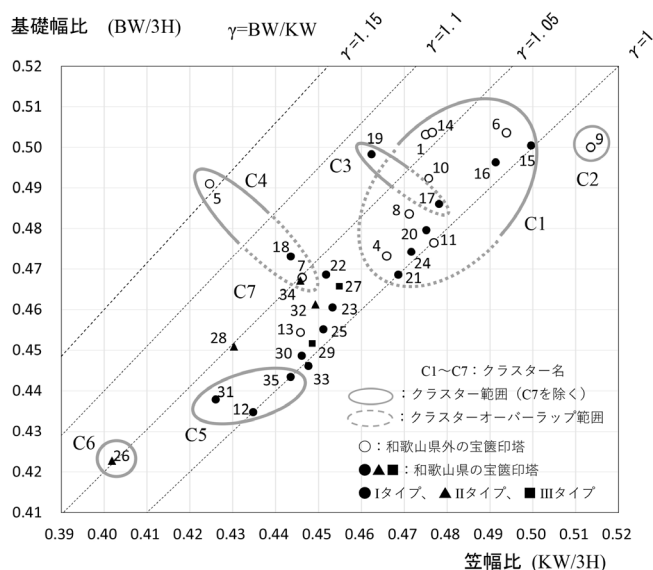
	KW/3H	TW/3H	BW/3H	KH/3H	BH/3H
KW/3H	1		図12		
TW/3H	0.43	1			
BW/3H	0.88	0.53	1		図13
KH/3H	0.21	-0.25	0.09	1	
BH/3H	-0.37	-0.51	-0.38	-0.62	1

### 3.6.2 笠幅比対基礎幅比のグラフとクラスター分布

寺本(2018)では、笠幅比と基礎幅比の分布図から、近い個体を集めてグルーピングを行ったが、本稿では先にクラスター分類の結果が出ているので、分布図をクラスター別に囲むようにC7を除いてマーキングした(図12)。基礎幅が笠幅の何倍かを示す $\gamma$ は大半が1～1.08に収まっている。寺本(2018)の雲雀山GがC1に、標準GがC7に、中辺路GがC5にはほぼ該当する。

但し標準Gであった宝20(奥)はC1に含まれ、その周辺には宝4、宝8、宝11が分布している関係で、C1は雲雀山Gより広範囲になった。同様に標準Gと考えていた宝17(施無畏寺)が、宝19と共にC3を形成することは今回の新しい知見である。

また、C4の宝5は基礎幅と笠幅の差が大きく $\gamma = 1.16$ は33基の中では際立っている。



### 3.6.3 基礎幅比対基礎高比のグラフとクラスター分布

表7から基礎幅比(BH/3H)と基礎高比(BH/3H)の相関は $-0.38$ と弱く分布は広がるが、クラスター分布は図13に示すように明瞭に分かれている。 $\mu_b$ は基礎の扁平度を示し、立方体は1で扁平になるほど数字は小さくなる。クラスターC1は $\mu_b \approx 0.7$ でC7は $\mu_b \approx 0.8$ 、C5は $\mu_b \approx 0.9$ と時代が新しくなるほど、基礎は扁平から立方体に近くなっていく。

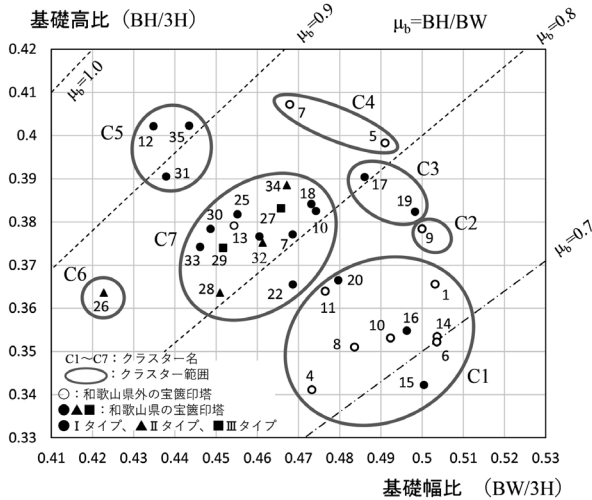


図13 笠幅比、基礎幅比と宝篋印塔の分布図

## 4. 考察

今回宝篋印塔の計測値として、笠、塔身、基礎の最大外形寸法6個(自由度5)という至極簡単なデータだけを用いて多変量解析を行った。2基の宝篋印塔間の類似性の評価尺度としてユークリッド距離を用い、クラスター分析法とMT法の併用により、定量的な評価の下で7つのグループ(クラスター)に分けることができた。国内最古級の紀年銘ともいわれる奈良県の宝1(興山往生院)を起点とする各塔のユークリッド距離を示す図11からは、クラスター間の位置関係が良く示されている。宝1を含むC1には宝15(雲雀山)、宝16(野田)が含まれ、宝17(施無畏寺)のC3、和歌山県の大多数の宝篋印塔群のC7へ

と自然な移行が認められる。C1、C3まではユークリッド距離を示すNが1～2の範囲でほぼ横ばいを示す。これは宝1の相似形がほぼ保たれたことを意味する。C7からは時代と共にNがほぼ直線的に増加する傾向があり、これは寺本(2018)に示すように笠幅比、基礎幅比が時代と共に小さく塔がよりスリムになっていく現象が主要因である。明らかな設計思想の変遷であるが、C7の起点がC3から繋がっているように見える。大和系の石工の直接の創作と考えられるC1からC3へ、またC7へと直接的、または間接的に技術・技能が伝承されていく中での変遷であったと推定している。

今回クラスター分析により、外観や主観にとらわれることなく、塔の形状の類似性という観点からだけであるがかなり詳細な分析結果が得られた。一方で、クラスター分析に時間的距離を項目として考慮しなかった。そのため、今回の例ではC1の最下層クラスターを構成する宝11と宝20では両者の間には59年、C7の宝13と宝18では55年の隔たりのあるものが最初のクラスターを構成した。類似性の高さから偶然によるものとは考えにくく、古い塔を設計の参考にしたものか、実際に、石工の中での何らかの技術伝承があったものか判断はし難く、今後の検討課題である。

## 5. おわりに

雲雀山塔・野田塔と興山往生院塔との近い関係が、実地調査の計測値を持ってクラスター分析ではほぼ検証できたのは望外の喜びである。野田塔には石工橘国□(下の1字欠損)と橘派の名前が刻まれている。今回のクラスターによるグルーピングが石工の系譜との関係につながればと期待する。その一方で、施無畏寺塔は隅飾比でもI類としての要件を満たさず、さらに雲雀山塔との違いが深まった。似て非なるこの両塔は今後とも注目していきたい。加えて、紀年銘の無い岡本I類の塔を調べて各クラスターの数量的な厚みを把握したいと考える。さらには、岡本の他の形式や関東形式の宝篋印塔にまで今回の分析方法を発展させていければと願っている。



## 付記

本稿の作成にあたり、和歌山市和歌山城整備企画課学芸員の北野隆亮氏よりご教示を頂きましたことに厚く謝意を表します。和歌山大学システム工学部システム工学科講師の鈴木 新氏には統計処理に関して様々なご助言、ご協力を戴きましたことに感謝申し上げます。現地調査に際しては、京都・奈良・滋賀・兵庫・岡山の管轄区域の教育委員会、並びに、次の関係寺社・管理者のご協力を頂きましたことに厚くお礼申し上げます。

不動院(山添村)、金龍院(甲南町)、清慶寺(加西市)、熊山神社(赤磐市)、興山往生院管理者(生駒市)、波多神社管理者(明日香村)

## 注

- 1) 巽・愛甲(1974)によると紀年銘は1315年とされている。
- 2) 見福寺1(明徳5年:1394)塔は、伊藤(2010)に計測値が記載されている。また、寺本(2018)の造立年推定式に代入したところ1395.8年となり、誤差は2年以内となった。
- 3) 宝2(観音院)塔は奈良県史編纂委員会(1984)によれば、基礎の上が別石の反花、笠の軒下が別石の請花、笠上が6段となっているが、高取町教育委員会に問い合わせたところ、笠上は4段まででその上の2段と露盤は別石になっている。図14に分割線を示す。本稿では、他のI類との構成が大きく異なることから、検討からは除外した。
- 4) クラスタ間距離を求める手法としては、ユークリッド距離などと並びマハラノビス距離が使われるが、鴨下(2004)によれば、マハラノビス距離は解析の対象となる複数の集団は「群」であることが必須。一方MT法では単位空間に対して調べたい方の対象は群を形成する必要がなく、今回のケースではMT法が適している。

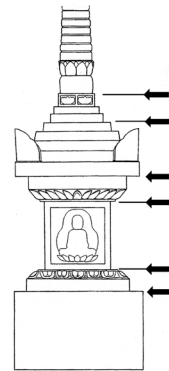


図14 宝2(観音院)  
(←分割線)

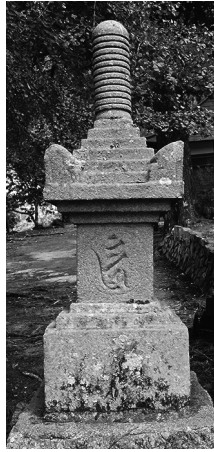
## 引用文献

伊藤裕偉 2010「熊野の中世宝篋印塔集成」(三重県埋蔵文化センター 2010『研究紀要 第19-1号』): 20-32

- 今岡利江 2012「中国」(狭川真一・松井一明 2012『中世石塔の考古学』高志書院):37-56
- 上田純一 2015『和東地域の歴史と文化遺産(京都府立大学文化遺産叢書 第9集)』
- 岡本智子 2012「近畿〈宝篋印塔〉」(狭川真一・松井一明 2012『中世石塔の考古学』高志書院):25-36
- 金屋町教育委員会 1998『史跡 明恵紀州遺跡卒塔婆(筏立遺跡)―環境整備報告書―』
- 鴨下隆志・矢野耕也・高田 圭・高橋和仁 2004『おはなしMT(マハラノビス・タグチ)システム』日本規格協会
- 川辺賢武 1971『神戸の石造遺品』神戸市史
- 小西貞則 2010『多変量解析入門』岩波書店
- 坂詰秀一 2011『考古調査ハンドブック5 石造文化財への招待』ニューサイエンス社
- 鈴木真人 2012『試して極める!品質工学 MTシステム解析法入門』日刊工業新聞社
- 巽 三郎・愛甲昇寛 1974『紀伊国金石文集成』真陽社
- 寺本東吾 2017「和歌山県の宝篋印塔について―熊野古道(紀伊路・中辺路)から派生して、広く分布する特徴的な宝篋印塔群について―」和歌山地方史研究73:41-56
- 寺本東吾 2018「和歌山県の宝篋印塔の地域特性及び年代推定について―南北朝時代～室町時代初期の宝篋印塔を対象として―」紀州経済史文化史研究所紀要 第39号:17-38
- 同志社大学歴史資料館 2002『第1期南山城総合学術調査報告書』
- 奈良県教育委員会事務局文化財保護課編 1969『円福寺重要文化財防災施設工事報告書』円福寺
- 奈良県史編纂委員会 1984『奈良県史 第7巻』
- 日本石造物辞典編集委員会 2012『日本石造物辞典』吉川弘文館
- 能勢町史編纂委員会 1981『能勢町史 第4回 資料編』
- 福澤邦夫 1984「中国 四国」『仏教考古学講座 第3巻』雄山閣
- 山川 均 2006『石造物が語る中世職能集団』山川出版社
- 山川 均 2008『中世石造物の研究:石工・民衆・聖』日本史史料研究会企画部
- 渡部展也・臼田裕一郎・太田一行 2004「時間距離に基づくクラスター分析を用いた縄文時代における遺跡グルーピング手法の研究」GIS-理論と応用12巻、2号



宝 1 (興山往生院) 塔  
(奈良県生駒市1259、1600)



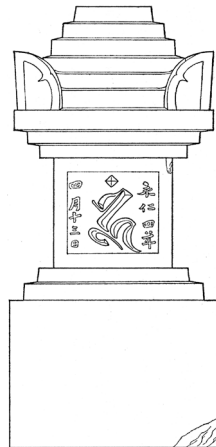
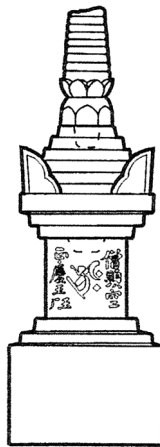
宝 4 : 京都府 湯船塔  
(京都府和束町1287、1363)



宝 6 (円福寺)  
(奈良県生駒市1293、1539)



宝 5 (熊山神社) 左：写真 右：実測図  
(岡山県赤磐市1292、723)



宝 7 (興徳寺)：実測図  
(大阪府能勢町1296、1105)

参考写真 1 紀年銘の有る宝篋印塔群(2019年現地調査時筆者撮影)

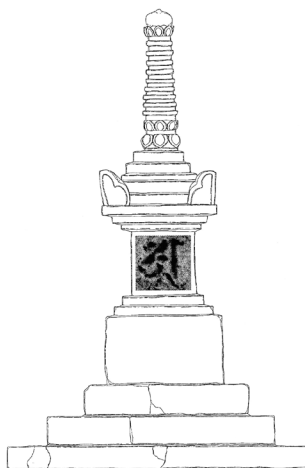
( )内は、所在地、紀年銘(西暦換算)、3H高さ(mm)の順に示す。

宝 5 の実測図は今岡(2012)より引用。

宝 7 は未調査のため能勢町史編纂委員会(1981)の図 2 興徳寺の永仁 4 年宝篋印塔実測図を引用。



宝8 (波多神社)  
(奈良県明日香村1298、641)



宝9 (金胎寺)  
(京都府和束町1300、1480)



宝10 (金龍院)  
(滋賀県甲南町1305、1501)



宝11 (堂応寺)  
(岡山県倉敷市1314、2294)



宝13 (不動院)  
(奈良県山添村1317、931)



宝14 (清慶寺)  
(兵庫県加西市1327、959)

参考写真2：紀年銘の有る宝篋印塔群 その2 (2019年現地調査時筆者撮影)

宝9は未調査のため同志社大学歴史資料館(2002)の図7宝篋印塔実測図を引用。